

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ИНК
Направление подготовки машиностроение 15.03.01
Кафедра ОТСП

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Разработка процесса сварки дугой горячей в динамическом режиме				
УДК _____				

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Тясто Артём Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		



Институт ИНК
Направление подготовки машиностроение 15.03.01
Кафедра ОТСП

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Киселёв А.С.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Тясто Артёму Андреевичу

Тема работы:

Разработка процесса сварки дугой горячей в динамическом режиме
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Процесс сварки неплавящимся электродом в аргоне</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение 2. Анализ состояния вопроса о сварки неплавящимся электродом в аргоне 3. Разработка модели дуги горячей в динамическом режиме 4. Модель сварочной ванны 5. Формирование шва при сварке 6. Менеджмент 7. Социальная ответственность 8. Заключение
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Название темы, цель, задачи 2. Способы повышения эффективности сварки неплавящимся электродом в аргоне 3. Модель сварочной дуги в динамическом режиме 4. Модель сварочной ванны

	5. Формирование шва при сварке 6. Экспериментальная установка 7. Менеджмент и социальная ответственность 8. Выводы по работе
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1-5	Князьков А.Ф.
6	Николаенко В.С.
7	Анищенко Ю.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат
-
-

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Князьков Анатолий Федорович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Тясто А. А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 85 с., 20 рис., 19 табл., 24 источника.

Ключевые слова: сущность сварки дугой горячей в динамическом режиме, столб дуги, способ сварки корневого слоя, динамическая дуга, автоматическая сварка.

Объектом исследования является: процесс сварки неплавящимся электродом в аргоне.

Предмет исследования – сварочная дуга горящая в динамическом режиме на постоянном токе.

Цель работы – является исследование и разработка процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой горячей в динамическом режиме.

В процессе исследования проводились анализ методов повышения эффективности и способы сварки неплавящимся электродом с применением импульсного питания сварочной дуги, проведен анализ моделей столба дуги и предложено феменологическое описание дуги.

В результате исследования разработан способ сварки дугой горячей в динамическом режиме и оборудование обеспечивающее его реализацию.

Основные конструктивные, технологические и технико – эксплуатационные характеристики: простое в изготовлении и эксплуатации оборудование, имеющий высокую надежность и широкий диапазон регулирования сварочных параметров.

Область применения: данный способ сварки может применяться в разных отраслях: нефтяной, газовой, электрической промышленности, а также в коммунальном, сельском хозяйстве и кораблестроении.

Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется минимизировать конструкцию сварочного аппарата. Запатентовать данный способ сварки. Подготовить документацию по

сборке сварочного аппарата, аттестовать его в национальном агентстве контроля сварки и внедрить его в промышленность.

Abstract

Graduation thesis: 85 pg., 20 illustrations, 19 tables, 24 sources.

Key words: the essence of the welding arc burning in dynamic mode, arc core, method of welding the root layer, dynamic arc, autowelding.

Object of research: The process of Non-consumable Electrode Arc welding in argon.

Subject of research: welding arc burning in the dynamic mode at direct current.

Purpose of research: research and development of the process of Non-consumable Electrode Arc welding in argon.

In the process of research the methods of improving the efficiency and the procedure of welding with non-consumable electrode using welding arc pulsed supply were analyzes, the analysis of arc core models was realized and the arc phenomenal report was suggested.

Results of research: the method of the welding arc burning in dynamic mode and equipment ensuring its implementation were developed.

The basic constructive, technological and technical - operational characteristics: the equipment easy to produce and operate has a high reliability and a wide range of welding parameters control.

Field of application: this welding method can be used in different industries such as oil, gas, electrical industry, as well as in municipal, agriculture and shipbuilding.

Economical efficiency: comparing the values of integrating efficiency indicators we can conclude that the implementation of the technology is more effective from the position of financial and resource efficiency.

In the future it is planned to minimize the welder construction; to take out a patent for this welding method; to prepare the welder assembly documentation, to

certify it in the National Agency of Non-Destructive Testing and Welding and to implement it into industry.

The graduation thesis was done with the text editor Microsoft Word 2010 and graphic editor Compass 3DV15.

The CD-R disc with graphic material is provided on the reverse of the cover.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, СОКРАЩЕНИЕ И НОРМАТИВНЫЕ СЫЛКИ

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Собственное магнитное поле – это круговое магнитное поле тока, возникающее при прохождении тока по элементам сварочной цепи, в том числе и по основному металлу.

Импульсное питание – подача импульсов тока с высокой величиной и частотой.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 12.1.003-83 – Шум. Общие требования безопасности;
- СНиП 23-03-2003 – Защита от шума;
- ОСП-72/87 – Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений;
- НРБ-99/2009 – Нормы радиационной безопасности.
- ГОСТ 2.708 – 81 – ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
- ГОСТ 2.730 – 73 – ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
- ГОСТ 2.728–74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
- ГОСТ 2.725–68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие.

В настоящей работе использованы следующие сокращения.

- I_d - ток дуги.
- Др – дроссель.

- ИП - сварочный источник питания.
- U_d – напряжение на дуге.
- $I_{св}$ – сварочный ток.
- U_{∂} – полное напряжение дуги.
- U_a – падение напряжения на аноде.
- U_k – падение напряжения на катоде.
- $\beta I_{(\partial)}$ – падения напряжения столба.
- T – период собственного колебания ячейки.
- L – индуктивность дросселя первой ячейки.
- C – емкость конденсатора первой ячейки.
- t_b – полная длительность второго этапа.
- $t_{и}$ – полная длительность импульса.
- t_c – длительность среза импульса.
- $t_{ф}$ – длительность фронта импульса.
- k – количество ячеек формирующего элемента.
- E_d – ЭДС сварочной дуги.
- R_d – динамическое сопротивление сварочной дуги.
- ВАХ – вольт амперная характеристика.
- H – глубина сварочной ванны.
- B – ширина сварочной ванны.
- L – длина сварочной ванны.
- F – поверхность зеркала ванны.
- G – масса сварочной ванны.
- V – объем сварочной ванны.
- $L_{гол}$ – головную часть ванны.
- $L_{хвост}$ – хвостовая часть ванны.
- $I_{и}$ – ток импульса.
- $I_{п}$ – ток паузы.
- $V_{св}$ – скорость сварки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АРГОНЕ.....	14
1.1 Сущность процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов	14
1.2 Характеристики процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне .	16
1.3 Преимущества и недостатки аргонодуговой сварки неплавящимся электродом в аргоне.....	18
1.4 Обзор методов повышения эффективности процесса сварки неплавящимся электродом	19
1.5 Сущность динамического режима горения	22
1.6 Заключение.....	23
2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДУГИ, ГОРЯЩЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ	25
2.1 Модель дуги горящей при малых токах	26
2.2 Модель дуги, горящей при больших токах	27
2.3 Модель дуги с плавящимся анодом	29
2.4 Феноменологическая модель дуги горящей в динамическом режиме ...	30
2.5 Вывод по главе.....	38
3. МОДЕЛЬ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ	39
3.1 Основные характеристики ванны. Силы, действующие на ванну	39
3.2 Модели сварочных ванн	41
3.3. Вывод по главе.....	42
4. ФОРМИРОВАНИЕ ШВА ПРИ СВАРКЕ.....	42
4.1 Методика проведения эксперимента	44
4.2 Оценка стойкости вольфрамового электрода.....	47
4.3 Вывод по главе.....	49
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	51

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	52
5.1.3 SWOT – анализ	52
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	54
5.3 Планирование научно-исследовательских работ	55
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	55
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	56
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	56
5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	60
5.3.5 Расчет материальных затрат НТИ.....	60
5.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	61
5.3.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
5.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	63
5.3.9 Накладные расходы.....	64
5.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	64
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	64
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	69
6.1 Введение	69
6.2 Производственная безопасность	70
6.3 Экологическая безопасность	76
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	82

CD диск в конверте на обороте обложки

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Повышение эффективности и улучшение качества производимых металлоконструкций является актуальной задачей на сегодняшний день. Одним из путей ее решения можно выделить разработку и внедрение технологических процессов и оборудования, отвечающих мировым стандартам (автоматизированные и роботизированные системы, гибкость управления).

Сварка занимает лидирующее положение среди технологических способов получения неразъемного соединения металлоконструкций различного назначения. Перспективным направлением считается развитие автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом корневого слоя многослойного шва и изделий малых толщин. Данный способ позволяет получать с минимальными затратами в цеховых или монтажных условиях неразъемные соединения, идентичные основному металлу по химическому составу, механическим и служебным свойствам. По мобильности и экономичности составляет конкуренцию электронно-лучевым и лазерным способам соединения.

Несмотря на достоинства процесса сварки, неплавящимся электродом в аргоне производительность желает оставить лучшего. Поэтому существует тенденции разработки мероприятий повышающих эффективность этого процесса. Известны методы повышения эффективности внутренние и внешние, которые в какой-то степени улучшают процесс и повышают его производительность, но имеются существенные трудности в их практическом применении. В частности, их применение затруднительно при сварке корневых слоев, при сварке в разделке, при сварке с изменяющим пространственным положением, так как внутренние методы управления не обеспечивают активное управление процессом, а внешние методы управления реализуются достаточно громоздкими устройствами. Исследования, проведенные автором в СКБ «Электросварка», показали перспективность применения процесса сварки

неплавящимся электродом в аргоне дугой, горящей в динамическом режиме. При этом существенно повышаются эффективность процесса и регулировочные возможности, позволяющие активно управлять формированием шва. Проблеме улучшения технологических характеристик электрической дуги неплавящимся электродом, горящей в аргоне, уделяется много внимания. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы считается сжатие дуги, за счет перевода ее в динамический режим горения. Данный перевод осуществляется за счет протекания через дуговой промежуток кратковременных мощных униполярных импульсов тока большого амплитудного значения.

Исследованиями по изучению динамического режима горения дуги в свое время занимались Пентегов И.В., Славин Г.А., Лебедев В.К. и т.д. В их работах показано влияние динамического режима на геометрические размеры шва, структуру, обоснована длительность импульсов, представлены математические зависимости. Однако не освещены вопросы технической реализации процесса сварки и не составлены технологические рекомендации.

В соответствии с этим в работе проведен анализ современного состояния вопроса сварки дугой, горящей в динамическом режиме. Разработан процесс и техническое устройство позволяющее повысить эффективность сварки неплавящимся электродом в аргоне.

ЦЕЛЬЮ РАБОТЫ является исследование и разработка процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой, горящей в динамическом режиме.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – процесс сварки неплавящимся электродом в аргоне.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – сварочная дуга, горящая в динамическом режиме на постоянном токе.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА проведенного бакалаврского исследования:

1. Теоретически обоснована и практически подтверждена принципиальная возможность качественного формирования сварного шва с концентрированным тепло вложением дугой горящей в динамическом режиме

2. Установлено, что для качественного формирования шва дугой горящей в динамическом режиме существует прямо пропорциональная зависимость между толщиной изделия и величиной дежурного тока.

3. Установлено, что физическая устойчивость горения дуги соблюдается при различной геометрии торца электрода.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ.

1. Создана действующая экспериментальная установка для сварки дугой, горящей в динамическом режиме.

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы при создании устройства для сварки и способа сварки дугой, горящей в динамическом режиме униполярными импульсами тока. Материалы об использовании результатов работы имеются в приложении к работе.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты настоящей работы представлены на научных семинарах кафедры «Оборудования и технологии сварочного производства» и на конференциях Всероссийского, Областного уровня.

ПУБЛИКАЦИИ. Материалы работы опубликованы в 5 работах. 1) Тясто А. А., Радионов И. И., Пустовых (Бирюкова) О. С. Выбор системы питания для дуги, горящей в динамическом режиме // Наука. Технологии. Инновации.: материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых в 11 частях. Часть 3, Новосибирск, 2-6 Декабря 2014. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014 - С. 26-30 [1352312-2014]. 2) Тясто А. А., Радионов И. И., Пустовых (Бирюкова) О. С. Повышение эффективности процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне // Наука. Технологии. Инновации.: материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых в 11 частях. Часть 3, Новосибирск, 2-6 Декабря 2014. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014 - С. 30-34 [1352412-2014]. 3) Тясто А.

А., Шачек А. Л., Пустовых (Бирюкова) О. С. Система питания для дуги, горящей в динамическом режиме // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 147-151 [950210-2015]. 4) Pulsed welding plasma source [Electronic resource] / A. F. Knyazkov, A. Tyasto [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2016. — Vol. 124 : Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2015). — [012164, 6 p.]. — Title screen. 5) Control of the electrode metal transfer by means of the welding current pulse generator [Electronic resource] / A. F. Knyazkov, A. Tyasto [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2016. — Vol. 124 : Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2015). — [012146, 6 p.]. — Title screen.

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В АРГОНЕ

В условиях все возрастающих требований к качеству сварочного изделия, проблема выбора сварочного оборудования и способа сварки различных металлов становится все более актуальной. Гарантированное сплавление кромок свариваемых деталей не может являться единственным критерием при выборе того или иного способа сварки. Необходимо уделять внимание таким параметрам, как производительность, химический состав металла шва, размеры зоны термического влияния, снижение общих производственных затрат и пр.

Из существующих процессов сварки эффективным и перспективным является процесс сварки неплавящимся электродом в среде аргона.

1.1 Сущность процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов

При сварке неплавящимся электродом в защитном газе в зону дуги, горячей между неплавящимся электродом и изделием, через сопло подаётся защитный газ, защищающий неплавящийся электрод, и расплавленный основной металл от воздействия активных газов атмосферы, как показано на рисунке 1. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

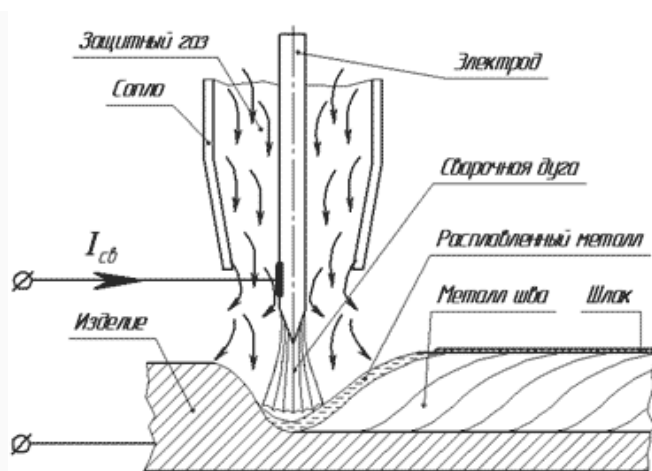


Рисунок 1 – Схема сварки неплавящимся электродом

Неплавящийся электрод изготавливают из графита, вольфрама, меди, меди со вставкой из тугоплавкого металла - вольфрама, циркония, гафния.

Защитный газ должен быть инертен к металлу электрода и к свариваемому металлу. Струя инертного газа окружает зону сварки, защищая расплавленный и нагретый до высокой температуры металл, электрод и присадочный пруток (если последний применяется) от воздействия кислорода и азота воздуха, предупреждая окисление и азотирование металла. Кроме того, непрерывный поток инертного газа суживает зону распространения тепла вблизи шва. В качестве защитного газа при сварке вольфрамовым электродом применяют аргон, гелий, смесь аргона и гелия; для сварки меди медным электродом или медным электродом со вставкой из гафния (циркония) можно применить азот. Для рационального расходования дорогостоящих инертных газов (Ar, He) при сварке сталей создают комбинированную защиту.

Влияние инертного газа создает особые условия для протекания электрофизических процессов в электрической дуге, способствуя увеличению устойчивости дуги. На электрофизические свойства дуги влияет также материал электрода. Дуга между неплавящимся электродом и изделием характеризуется выпрямляющим действием, интенсивность которого зависит от материала и размеров изделия.

Сварку можно выполнять с присадкой и без таковой. В случае применения присадочного металла, последний можно вводить предварительно (до сварки) или в процессе сварки, подобно тому, как это делают при кислородно-ацетиленовой сварке путем расплавления присадочной проволоки нужного состава.

При большой толщине для обеспечения проплавления основного металла и получения требуемых геометрических параметров сварного шва, сварку ведут по зазору или с разделкой кромок с добавлением присадочного металла.

1.2 Характеристики процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне

Характеристика энергетической системы источника питания - дуга. Источник питания для дуговой сварки и сварочная дуга представляет собой единую энергетическую систему, в которой каждый из них выполняет свои определенные функции, а их характеристики взаимно согласованы. Эта система в общем виде представлена на рис. 2.

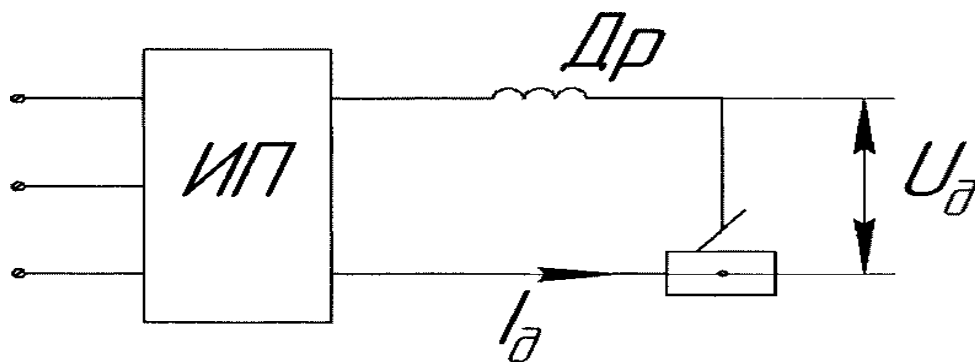


Рисунок 2 – Система источник питания – дуга (U_d - напряжение дуги; I_d - ток дуги; $Др$ - дроссель; ИП - сварочный источник питания)

Основной задачей источника питания является преобразование параметров энергии электрической сети в параметры, необходимые для питания сварочной дуги.

Основным потребителем энергии является сварочная дуга. В сварочной дуге электрическая энергия главным образом преобразуется в тепловую энергию, при этом в ряде случаев необходимо учитывать процессы тепло- и массопереноса через дуговой промежуток.

Как элемент электрической цепи - сварочная дуга представляет собой нелинейный элемент. В общем виде вольтамперная статическая характеристика сварочной дуги имеет V-образную характеристику

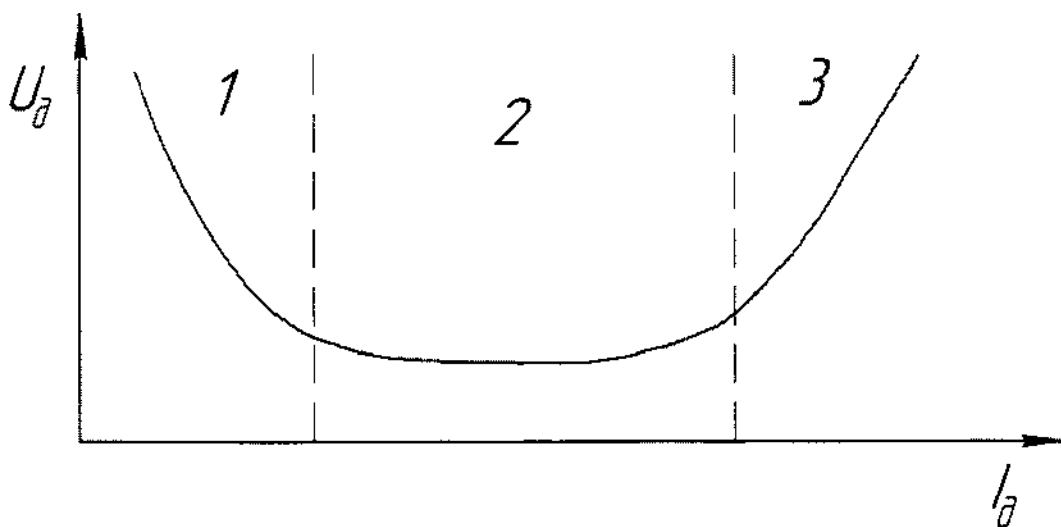


Рисунок 3 – Общий вид вольт-амперной характеристики сварочной дуги.

Можно выделить три области:

1 – область малых режимов (0,5 -10) А, где форма характеристики падающая.

2 – область средних режимов с умеренными плотностями тока (сварка электродами с покрытием, неплавящимся электродом в аргоне и др.). В этой области напряжение $U_d = E_d$; E_d - пассивная противо – Э.Д.С. сварочной дуги.

3 – область сварки при высоких плотностях тока. В этой области напряжение дугового промежутка может быть предоставлено в виде:

$$U_d = E_d + I_d R_d; \quad (1)$$

где R_d - динамическое сопротивление сварочной дуги.

При реализации сварочного процесса можно выделить два основных момента процесса:

1. Возбуждение дуги;
2. Стабильное горение дуги, при котором образуется сварной шов.

С точки зрения режима работы также выделяются два этапа:

1. Состояние установившегося равновесия, когда I_d и U_d в течении длительного времени остаются неизменными. Зависимость между током и напряжением дуги в этом состоянии называется статистической вольтамперной характеристикой дуги, а зависимость между током и напряжением источника питания временной ВАХ источника питания.

2. Состояние неустановившегося равновесия или иначе - динамический режим (при возбуждении дуги или возмущениях). Зависимость между U_d и I_d называется динамической характеристикой дуги, а зависимость между током и напряжением источника динамической характеристикой источника, которые значительно отличаются от статической.

1.3 Преимущества и недостатки аргонодуговой сварки неплавящимся электродом в аргоне

Преимущества аргонодуговой сварки неплавящимся электродом:

- Незначительный нагрев поверхности металла. Для титана и чугуна и других цветных металлов сильное прогревание критично. Использование метода сварки с использованием аргона позволяет выполнить сварные работы качественно;
- Высокая скорость проведения работ;
- Возможность обработки металлов, не поддающихся сварке другим способом;
- Качественный ровный и тонкий шов;
- Возможность выполнения работ в домашних условиях без профильного образования;
- Высокая устойчивость дуги независимо от рода (полярности) тока;
- Возможно получение металла шва с долей участия основного металла от 0 до 100%;
- Изменяя скорость подачи и угол наклона, профиль, марку присадочной проволоки, можно регулировать химический состав металла шва и геометрические параметры сварного шва.

Недостатки аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом в аргоне:

- Низкая эффективность использования электрической энергии (коэффициент полезного действия от 0,40 до 0,55);

- Необходимость в устройствах, обеспечивающих начальное возбуждение дуги;
- Высокая скорость охлаждения сварного соединения;
- Большое количество дополнительно используемого оборудования;
- Невозможность полной защиты шва при сквозняке или сильном ветре.

1.4 Обзор методов повышения эффективности процесса сварки неплавящимся электродом

Несмотря на достоинства процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне, производительность желает оставлять лучшего. Поэтому существует тенденции разработки мероприятий, повышающих эффективность этого процесса.

Известны различные способы повышения эффективности сварки за счет сужения столба дуги и увеличения ее проплавляющей способности. Все их можно разделить на внутренние и внешние. Внутренние основаны на сужении зоны проводимости вследствие развития окислительно-восстановительных реакций в зоне сварки путем изменения окислительного потенциала защитной среды. Сжатие свободно горящей дуги устанавливается и поддерживается за счет подачи углекислого газа, кислорода, азота, галоидных соединений в защитную среду (аргон).

Так авторы работ [2 – 4] для улучшения формирования шва, повышения механических свойств рекомендуют применять смесь аргона с углекислым газом до 10%. Введение CO_2 позволяет увеличить тепловые характеристики дуги, эффективный КПД, из-за сжатия плазмы столба дуги, что в свою очередь приводит к увеличению давления на сварочную ванну и глубины проплавления при уменьшении ширины шва. Однако смесь $\text{Ar}+\text{CO}_2$ является окислительной, что негативно сказывается на стойкости вольфрамового электрода [3]. При использовании электродов из чистого вольфрама происходит оплавление рабочей поверхности с формированием капли, ее отрывом и переносом в

расплавленную ванну. Применение электродов легированных редкоземельными металлами носит другой характер разрушения. На рабочей поверхности в процессе горения дуги формируется корона и одновременно наблюдается эрозионное разрушение. По мере горения дуги эрозионное разрушение электрода увеличивается и оказывает отрицательное влияние на качество, форму и механические свойства сварного шва. Добавление азота в объеме 3 – 4% от общего количества [5] позволяет снизить содержание водорода в металле шва, а визуальное наблюдение позволяет оценить параметры столба дуги. В сравнении со свободно горящей дугой, дуга, горящая в смеси, имеет резко очерченный столб и факел. Превышение процентного содержания азота оказывает влияние на механические свойства сварного шва.

К внутренним методам относят и использование галоидных соединений – активирующих флюсов [6]. Исследованию влияния флюсов на энергетические свойства дуги посвящено значительное число работ [5 – 10 и пр.]. Во всех работах установлено увеличение проплавляющей способности, концентрирование теплового потока, увеличение термического КПД. Применение активирующих флюсов по сравнению с представленными ранее внутренними методами имеет собственные недостатки, такие как дополнительные затраты на изготовление, нанесение и удаление. Кроме этого нередко отдельные компоненты флюсов являются опасными для организма сварщика и требуют осторожного применения.

Общими недостатками всех внутренних методов является то, что они не позволяют управлять вкладываемой в процессе сварки тепловой мощностью, и сложностью в применении (нанесение и удаление флюсов, изготовление смесей газов и т.д.).

Внешние методы основаны на изменении физических параметров дуги путем специальной подготовки поверхности электродов, воздействия внешних магнитных полей, наложения дополнительного высокочастотного напряжения, использования импульсных устройств.

Известно, что наложение высокочастотного напряжения способствует повышению устойчивости дугового разряда, путем обжата столба дуги и повышения концентрации ее тепловой мощности [11]. При наложении высокочастотного напряжения образуется так называемый SKIN-слой, в котором происходит колебательное движение электрических зарядов с частотой, равной частоте наложенного напряжения. Возникающее электрическое поле препятствует радиальному перемещению электронов с катода. В центральной части столба дуги большая концентрация зарядов, способствует увеличению степени ионизации и температуры плазмы, создавая эффект обжата дуги электромагнитным высокочастотным полем. Следствием этого является уменьшение сечения дуги и увеличение мощности столба дуги.

Наложение внешнего продольного или поперечного магнитных полей приводит к взаимодействию движущихся заряженных частиц и собственного магнитного поля дуги. Наложение магнитных полей приводит к сжатию столба дуги, при этом наблюдается увеличение глубины проплавления, уменьшение количества подрезов, исключается провисание обратной стороны шва и улучшается его внешний вид [12 – 15].

Одним из методов выделяют применение модулированного тока. При импульсно дуговой сварке на дугу накладываются кратковременные импульсы тока, в период которых происходит плавление металла сварочной ванны. Сварочная дуга проникает через всю толщину свариваемой пластины, образуя ванну с кратером типа «замочная скважина». В период паузы происходит снижение сварочного тока, при котором происходит понижение температуры и выравнивание тепла металла сварочной ванны. На конце электрода сохраняется горячее пятно необходимое для стабильного горения дуги. Кристаллизация расплавленного металла происходит во время паузы, при снижении мощности дуги. Величину вводимой в металл энергии можно регулировать двумя способами: изменением длительности импульсов тока. Более простой и надежный способ регулирования процессом по длительности импульса.

Из-за сквозного проплавления основного металла поверхность сварного шва имеет чешуйчатую форму, а из-за концентрированного тепловложения зона термического влияния снижается, что приводит к улучшению механических свойств металла шва.

1.5 Сущность динамического режима горения

Повышением эффективности процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне, является горение дуги в динамическом режиме, обеспечивающий контрагирование столба дуги и примыкающих к нему активных пятен. Если возбуждать дугу на постоянном токе, процесс горения устанавливается через $(1-10) \cdot 10^{-5}$ с после её возбуждения. Это создает предпосылки к созданию динамического режима при питании дуги импульсами с меньшей длительностью.

При устойчивом дуговом разряде размеры столба дуги и активного пятна на свариваемом металле, а также распределение энергии в нем обусловлены мощностью разряда, составом газовой атмосферы, теплофизическими и геометрическими параметрами электродов. Известно, что дуговой разряд приобретает свойства устойчивого разряда через $(1-10) \cdot 10^{-5}$ с после его возбуждения. Постоянная времени нарастания тока равна 0,002 с и практически не зависит от материала и толщины электродов.

При питании дуги повторяющимися импульсами тока время установления устойчивого разряда может измениться за счет неполной деионизации дугового разряда в промежутках между импульсами. Значение этого промежутка времени обусловлено полнотой протекания процесса ионизации в течение импульса и деионизации в паузу, которые, в свою очередь, зависят от энергетических и временных характеристик процесса.

Можно предположить, что, если длительность протекания тока между электродами будет меньше длительности перехода дугового разряда в устойчивое состояние, то диаметр активного пятна на металле не достигнет

величины, соответствующей мгновенным значениям тока и напряжения импульсов, а дуговой разряд будет характеризоваться при равных других условиях большей плотностью вводимой энергии и большей проплавляющей способностью. Такой режим горения сварочной дуги в дальнейшем будем называть динамическим режимом.

Проплавляющую способность дуги оценивали по глубине и ширине проплавления, при условии постоянства вводимой в металл тепловой энергии на различных режимах. Эффективную тепловую мощность определяли каллориметрированием.

Для питания дуги применяли специально разработанные источники кратковременных импульсов тока.

Типичные осциллограммы тока и напряжения дуги приведены на рис. 4.

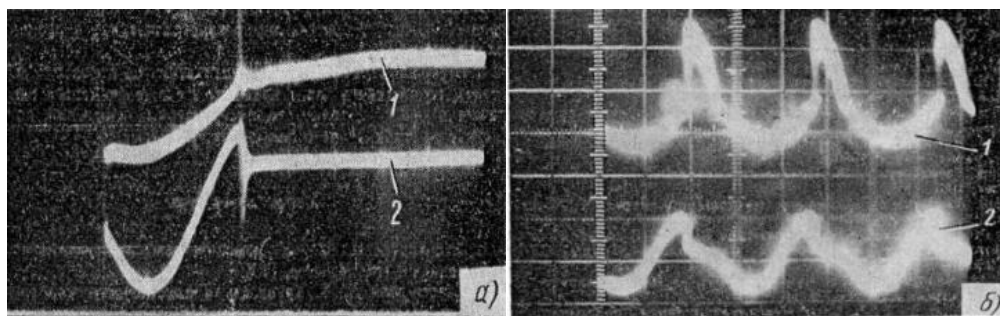


Рисунок 4 – Осциллограммы тока (а) и напряжения дуги (б) [1]

1.6 Заключение

Анализ внутренних и внешних методов повышения эффективности процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне показал ограниченные возможности при практическом применении из-за их конструктивной технологической сложности в то же время наиболее свободным от указанных сложностей но наименее исследовательным и более перспективным является процесс сварки дугой горячей в динамическом режиме. Такой процесс, реализуемый при импульсной модуляции сварочного тока, позволяет контрагировать столб дуги и примыкающих к нему активных пятен, благодаря чему концентрированно вводить тепло в изделие. Однако сварочно

технологические свойства дуги горячей в динамическом режиме в научно-технической литературе практически не отражены. Ввиду достоинств такого процесса и перспективность его применения исследование такого процесса является актуальным.

На основании этого цель настоящей работы может быть сформулирована следующим образом: разработка процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой горячей в динамическом режиме.

Задачи исследования:

1. разработать процесс сварки дугой, горячей в динамическом режиме;
2. разработать методики проведения эксперимента;
3. исследовать технологические свойства дуги, горячей в динамическом режиме.

2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДУГИ, ГОРЯЩЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Перспективность применения дуги, горящей в динамическом режиме, в сравнении с другими способами сварки, показана в 1 главе. Однако разрабатывать новое оборудование и технологию процесса сварки невозможно без исследования (изучения) свойств дуги и процессов ее контрагирования. Сварочная дуга, горящая в аргоне между неплавящимся электродом и плавящимся изделием, имеет колокообразную форму столба как показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сварочная дуга, горящая в аргоне[21]

Это обусловлено действием плазменных потоков направленных с электродов, формирование которых зависит от действующего значения сварочного тока. Согласно литературным данным сварочную дугу можно разделить: горящую при малых токах или горящую при больших токах; статистический режим горения или динамический режим горения.

2.1 Модель дуги горящей при малых токах

К данной модели можно отнести сварочные дуги действующее значение тока, в которых не превышают ЗОА [21]. Дуга, горящая при малых токах между неплавящимся вольфрамовым электродом и водоохлаждаемым медным анодом, представляет собой цилиндрический столб, в котором движение компонентов плазмы происходит в обоих направлениях хаотично. От анода к катоду движутся ионы, а от катода к аноду движутся электроны.

Отсутствие каких-либо сильных потоков позволяет привести такую дугу к цилиндрической. Схематичное строение дуги представлено на рисунке 6.

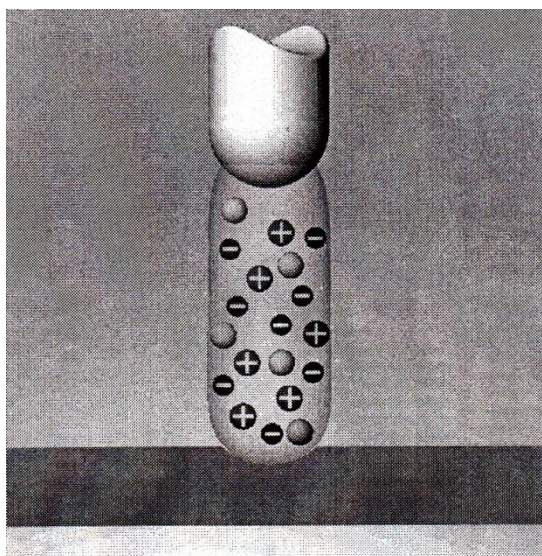


Рисунок 6 – Форма столба дуги горящей при малых токах

Цилиндрическая дуга, как говорилось ранее, считается квазинейтральной. Движение компонентов плазмы осуществляется под воздействием электромагнитных сил. Ионы, образованные в прианодном слое (зоне ионизации), не сносятся к периферии столба дуги в связи с тем, что гидродинамическое течение газа вблизи поверхности анода минимально, т.е. ионы движутся в столб дуги и далее к поверхности катода.

2.2 Модель дуги, горящей при больших токах

Дуга в которой сварочный ток намного превосходит 30 А, ведет себя по иному. В данном типе дуг формируются катодные потоки, которые делают дугу пространственно устойчивой и способствуют движению компонентов плазмы от катода к аноду. Сформированные катодные потоки обуславливают форму столба дуги и такую дугу считают конусообразной как показано на рисунке 7.

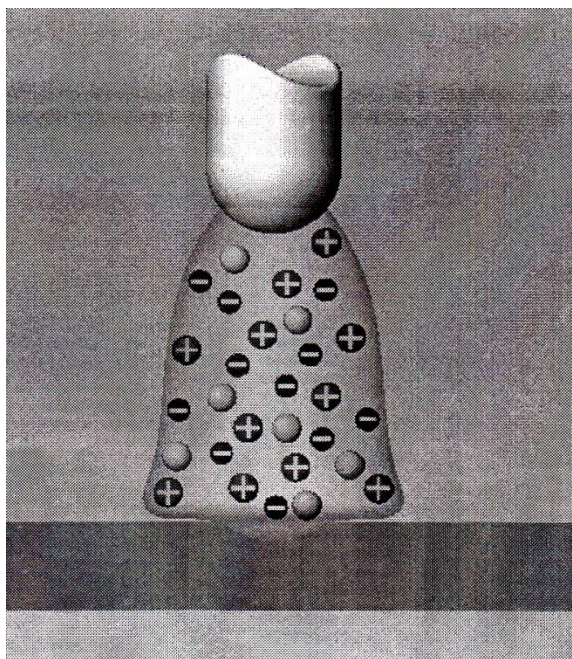


Рисунок 7 – Форма столба дуги горящей при больших значениях тока

Увеличение сварочного тока приводит к расширению столба дуги, удлиняется участок поверхности катода, охватываемый плазмой, в результате чего дуга кажется длиннее. Конусообразный участок у поверхности анода несколько уменьшается. Столб дуги по мере укорачивания сплющивается, что связано с увеличением в поперечнике объема прогреваемого газа в дуговом столбе. При удлинении дуги скорость течения плазмы со стороны катода, вследствие возрастания разницы между поперечными сечениями столба по длине дуги повышается. В центральной области дуги движение потока плазмы наблюдается от электрода к изделию, на периферии же плазма недвижима [22]. При достижении потоком плазмы поверхности анода происходит изменение

направления, от дуги по поверхности анода и далее под воздействием сил к электроду.

Потоки с электродов сопутствуют движению компонентов плазмы, состоящей из электронов, положительных ионов различных атомов и молекул в разных степенях ионизации, различных отрицательных ионов и более сложных образований. Конкретный состав плазмы зависит от температуры столба дуги. В большинстве случаев рассматривают только два рода носителей зарядов: электроны и положительные ионы [23,24,21,25,26,27].

У катода располагается объемный отрицательный заряд – электроны, а у анода объемный положительный – ионы. Электроны, находящиеся в прикатодной области, нарушают термодинамическое состояние в данной зоне из – за большого количества, но при переходе из прикатодной области в столб дуги свободные электроны частично рекомбинируются, частично отдают свою энергию при соударениях с другими составляющими плазмы или себе подобными [24]. Вся подводимая к столбу энергия воспринимается наиболее легкими и подвижными электронами, которые в результате упругих столкновений с атомами и ионами, нагревают их.

На движении электронов катодные потоки оказывают не значительное влияние. Скорость движения электронов на порядок превышает скорость катодных потоков. Скорость ионов мала, что способствует к тому, что скорость течения катодных потоков преобладает над скоростью движения ионов. Ионы при этом изменяют свое направленное движение от анода к катоду, на движение от катода к аноду. При этом количество ионов вблизи анода, будет соответствовать числу ионов обеспечивающих электрическую нейтральность. Образование новых [21,24] ионов путем термической ионизации будет небольшим и обуславливается только тем количеством ионов, которое было вынесено на периферию столба дуги гидродинамическим течением. Малое анодное падение потенциала объясняется термическим характером процессов в области анодного падения. При хорошо сформированной катодной струе

значение анодного падения напряжения составляет всего (1 ± 2) В. На анодное падения напряжения также влияет длина дуги.

2.3 Модель дуги с плавящимся анодом

Описание моделей, представленное выше, дано, когда дуга горит между неплавящимся вольфрамовым электродом и медным водоохлаждаемым анодом. В реальном процессе сварки дуга горит между неплавящимся электродом и плавящимся изделием, что вносит свои коррективы на форму столба дуги как показано на рисунке 8.

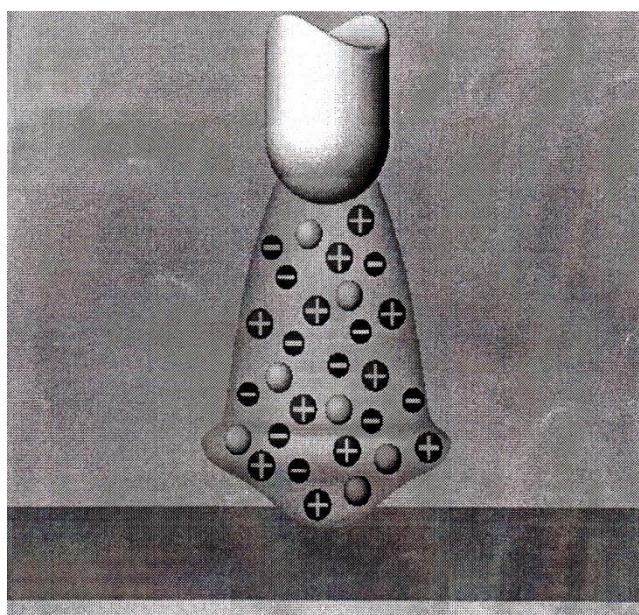


Рисунок 8 – Модель дуги, горящей между неплавящимся и плавящимся электродами при токах свыше 30 А

В связи с тем, что анод плавится, т.е. является испаряющимся на его поверхности под действием электромагнитных сил, формируется анодные потоки в противовес катодным. Потоки, направленные с анода, не такие скоростные и сильные как катодные из-за размеров анодной области. Анодная область при стационарном режиме сварки или при импульсном режиме по своим размерам превосходит размеры катодной области, поэтому концентрация струй с анода меньше на единицу площади. Плазменные потоки, с катода

двигаясь к аноду, продавливают анодный поток, в центральной части столба дуги изменяя тем самым направление последнего и увлекая его к периферии столба. Достигнув анода, катодный поток меняет свое направление и начинает двигаться вдоль поверхности анода, где под действием анодных струй изменяет свое направление и уже движется новый общий поток анодных и катодных струй. На периферии анодной области анодные потоки преобладают над потоками с катода, что и приводит к изменению формы столба дуги.

2.4 Феноменологическая модель дуги горячей в динамическом режиме

Представленные модели (2.1; 2.2; 2.3) дуги составлены для стационарно горящих дуг. Изменение значения тока происходит либо за значительный период времени, либо остается постоянным в период сварки. Дуга горящая в динамическом режиме, не может быть описана ни в одной из существующих моделей. Переход от малых токов к большим называется динамическим или переходным режимом, ориентировочно длительность его составляет 450-500 мкс [28]. Исходя из всего, для горения дуги в динамическом режиме, длительность импульсов не должна превышать длительности перехода режима, т.е. не более 450 мкс. Предлагаемый режим для дуги, горящей в динамическом режиме следующий: длительность импульсов от 30 до 70 мкс, ток импульса более 250 А, а ток паузы от 8 до 12 А. При данном режиме не позволяется в период импульса достигнуть столбу дуги параметров стационарного состояния значения тока.

Используя накопленные знания, дадим описание модели дуги горячей в динамическом режиме неплавящимся электродом в аргоне. Любое описание процессов содержат некоторые допущения:

- Плазма столба дуги представляет единую сплошную среду;
- Среда столба дуги является однородной и изотропной во всем объеме;
- Размеры анода и катода соизмеримы. Температура активных пятен на электродах зависит от среднего значения протекающего тока. Из – за

малой длительности импульса, температура не успевает измениться и достичь значения соответствующего параметру тока в импульсе;

- Свойства дуги, горящей в динамическом режиме, ее столбом и процессами, протекающими в нем, что позволяет принять постоянство суммы приэлектродных падений напряжения $U = U_a + U_i = \text{const}$ на интервале импульса;
- Распределение тепла в столбе дуги происходит в радиальном направлении;
- Теплофизические коэффициенты постоянны, равны усредненным значениям, не зависящим от каких – либо факторов.

Рассмотрим более подробно процессы в столбе дуги при предлагаемом режиме, основываясь на литературных и полученных в ходе исследования данных и осциллограммах, представленных на рисунке 9.

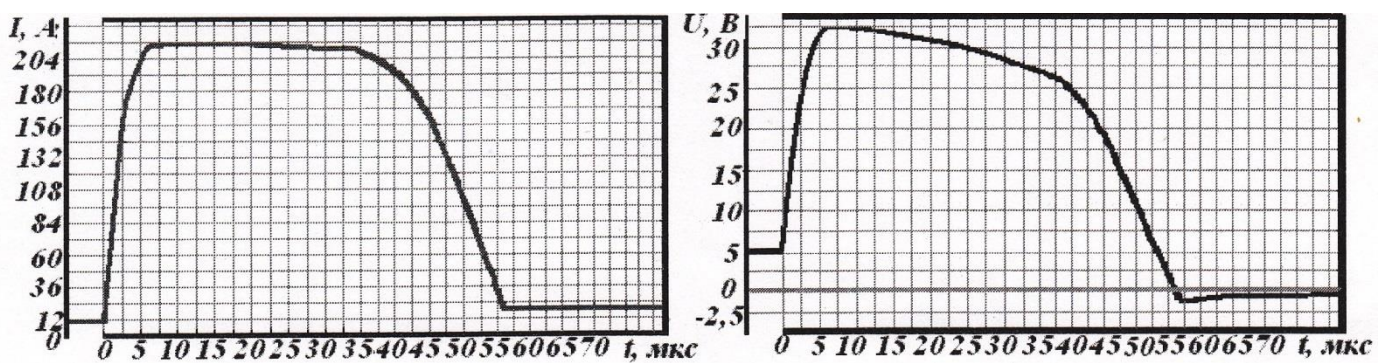


Рисунок 9 – Временные диаграммы напряжения и тока

Для качественной оценки процессов столба дуги в зависимости от основных параметров их можно описать формулами удобными для основных параметров и дальнейшего использования. Для решения поставленной задачи можно воспользоваться методом аналитической аппроксимации реальных осциллограмм. Аппроксимацию удобнее всего осуществлять по участкам характеристики. Удовлетворительные результаты дает простая и удобная кусочно-линейная аппроксимация. Исследование позволяет

выделить и линеаризовать 3 этапа (1 - 2; 2 - 3; 3 - 4) как показано на рисунке 10.

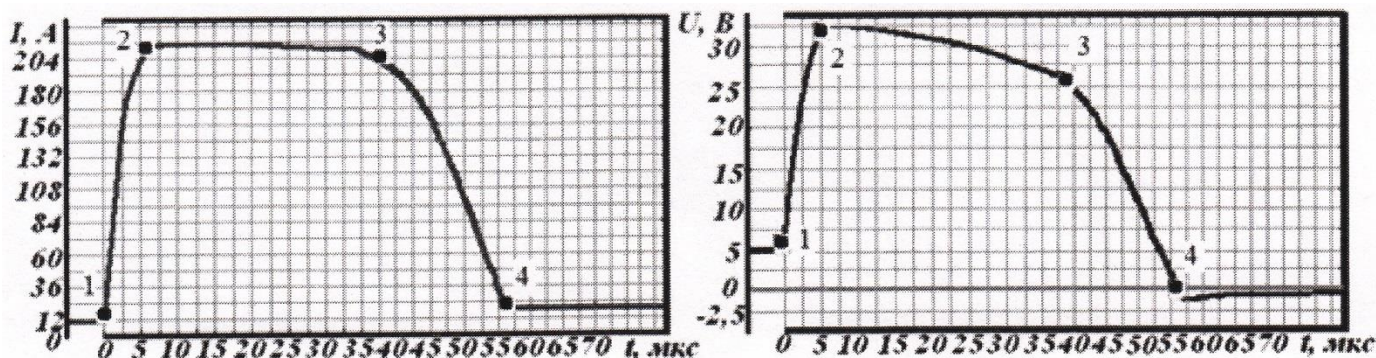


Рисунок 10 – Линеаризованные этапы осциллограмм

Для упрощения расчетов площадь в поперечном сечении по всей длине дуги принимаем постоянной.

Первый этап начинается с момента времени $t_0 = 0$, совпадающего с точкой 1 на осциллограммах. На этом этапе динамика столба дуги отстает от скорости изменения тока и дуга может быть представлена активным сопротивлением, что коррелирует с результатами работы. Изменение тока и напряжения происходит по линейному закону. Используем известную формулу(1):

$$U_{\partial} = U_a + U_k + \beta l_{\partial} \quad (2)$$

Где: U_{∂} – полное напряжение дуги, В;

U_a – падение напряжение на аноде, В;

U_k – падение напряжение на катоде, В;

βl_{∂} – падения напряжение столба, В.

Поскольку в динамическом режиме горения дуги за время импульса суммарное падение напряжения на активных пятнах можно считать постоянным, найдем его согласно выражению представленного в работе Пентегова И.В. [23].

$$U_{a+k} = U_{\partial 1} \times \frac{\frac{U_{\partial 2} \cdot I_2}{U_{\partial 1} \cdot I_1}}{1 - \frac{I_2}{I_1}} \quad (3)$$

Суммарное падение напряжения активных пятен составляет 3,46 В.

Количество носителей заряда в этот период не успевает измениться. Зона проводимости столба дуги остается прежней, из-за несоответствия процессов ионизации – деионизации, эмиссии от действующего значения тока, Увеличение тока приводит к образованию плазменных потоков, направленных с электрода в столб дуги. Причинами являются электромагнитные силы.

Вблизи электрода, под действием электромагнитных сил, формируется область, которая подобна насосу вытягивает газ из окружающего пространства и выбрасывает его в направлении анода в виде свободной струи. Эта струя смешивается с окружающим газом, в результате чего образуется постепенно расширяющийся поток. Нарастание тока до 250 – 300 А приводит к изменению типа дуги, от дуги с катодным пятном к дуге без явно выраженного катодного пятна.

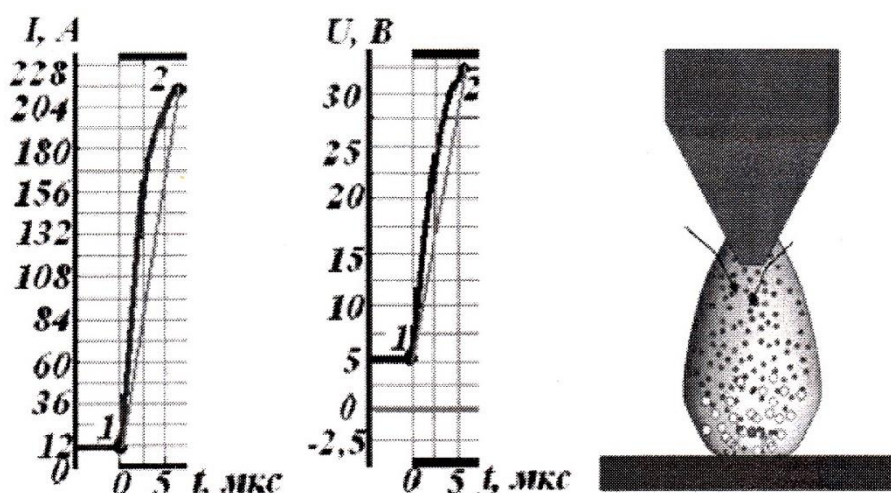


Рисунок 11 – Передний фронт нарастания импульса тока и напряжения.

Схема модели дуги на участке фронта нарастания тока

Реальная дуга имеет форму, отличную от цилиндрической, и фронты импульсов тока и напряжения имеют определенную длительность как на рисунке 11.

Длительность первого этапа определяется параметрами первой ячейки, что согласуется с данными представленными в работах Ицкохи. Максимального

значения ток достигает за время равное четверти периода собственных колебаний первой ячейки.

$$\frac{T}{4} = 3,14 \times \sqrt{L} \times C; \quad (4)$$

Где: T – период собственного колебания ячейки;

L – индуктивность дросселя первой ячейки, Гн;

C – емкость конденсатора первой ячейки, мкФ;

Первый этап завершается при достижении максимального напряжения в нагрузке. Для нахождения длительности второго этапа, воспользуемся уравнением 4.

$$t_b = t_{\text{и}} + t_c + t_{\phi}; \quad (5)$$

Где: t_b – полная длительность второго этапа, мкс;

$t_{\text{и}}$ – полная длительность импульса, мкс;

t_c – длительность среза импульса, мкс;

t_{ϕ} – длительность фронта импульса, мкс;

k – количество ячеек формирующего элемента.

$$t_{\phi} = 0,61 \times \sqrt{L_{\text{я}}} \times C_{\text{я}}; \quad (6)$$

$$t_c = (2,3 - 0,075k) \times \sqrt{L_{\text{я}}} \times C_{\text{я}}; \quad (7)$$

$$t_{\text{и}} = 2,2 \times k \times \sqrt{L_{\text{я}}} \times C_{\text{я}}; \quad (8)$$

Второй участок характеризуется постоянным значением тока при снижающемся напряжении, что можно связать с процессами, протекающими в столбе дуги. Достигнутые максимальные значения не соответствуют параметрам столба дуги, что приводит к активизации процессов саморегулирования в столбе. С течением времени столб дуги начинает расширяться, при этом сопротивление столба уменьшается как на рисунке 12.

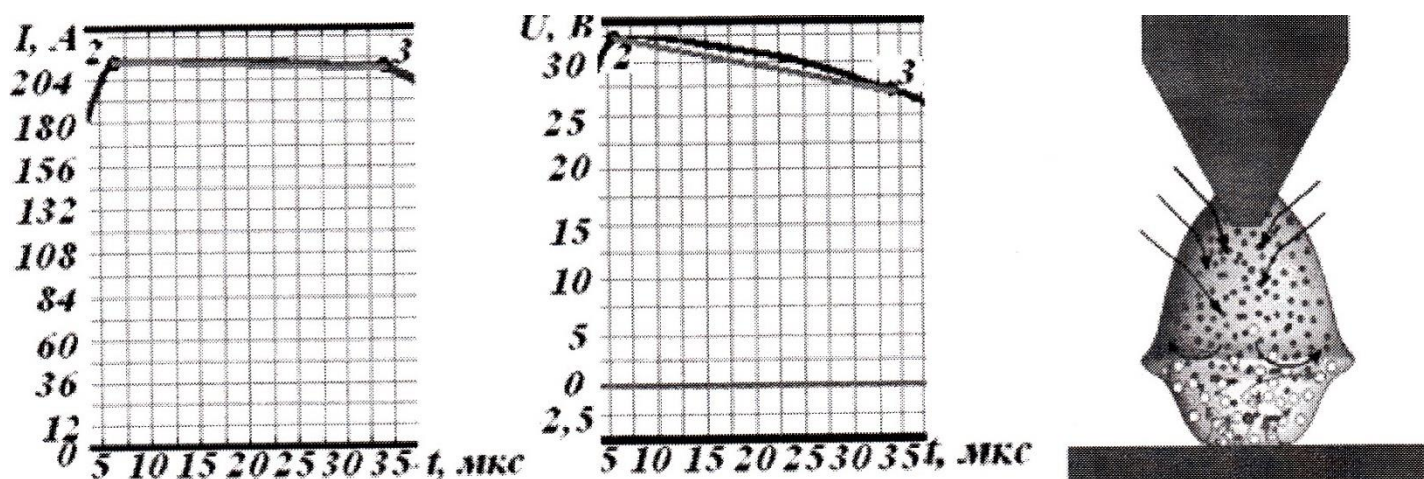


Рисунок 12 – Вершина импульса (второй участок).

Схема модели дуги на участке вершины импульса тока

Участок 2 – 3 на динамической характеристике соответствует вершине импульса, как ток, так и напряжения. При достижении током максимального значения 250 – 300 А, в дуге полностью сформированные потоки с электродов изменяют форму дуги из цилиндрической в бочкообразную. Количество зарядов не соответствует действующим значениям тока и напряжения, столб дуги находится в неустойчивом состоянии. Активизировавшиеся процессы саморегулирования и плазменные потоки приводят к изменению проводящей части столба дуги ее уширению. Расширение проводящей зоны столба дуги приводит к падению напряжения (4-5 В) на участке 2 – 3. Действие потока на столб дуги неравноценно. В связи, что катодный поток сформирован на торце электрода, имеющего ограничения, то он превалирует над анодным потоком. Наиболее расширенная часть будет находиться в зоне взаимодействия двух потоков, ближе к аноду. Данное расположение связано с расположением анодного пятна на периферии и участке небольшой протяженности вблизи анода. Движение компонентов плазмы происходит от катода к аноду, электроны вдоль силовых линий тока, а ионы под действием плазменных потоков сносятся в анодную область.

Спад тока и напряжения до параметров – дежурной дуги зависит от формирующего элемента, что связано с перезарядом ячеек. Длительность этапа

определяется по формуле 5 или в 4 – 5 раз больше длительности фронта нарастания импульса.

Для составления уравнения, описывающего третий участок осциллограмм, принимаем, что ток и напряжения изменяются согласно закону Ома, и являются постоянной величиной. Снижение тока и напряжения приводит к уменьшению геометрических размеров дуги. Срезу импульса тока и напряжения соответствует нижняя ветвь петли гистерезиса, участок 3 – 4 как на рисунке 14. Отключение импульса тока происходит, когда процессы в столбе дуги не достигли стационарного состояния. Постепенное снижение тока в течении 30 – 32 мкс, приводит к ослаблению плазменных потоков. Столб дуги изменяет свою форму из – за отсутствия потоков. Количество носителей еще велико в дуговом промежутке и не соответствует параметрам импульса.

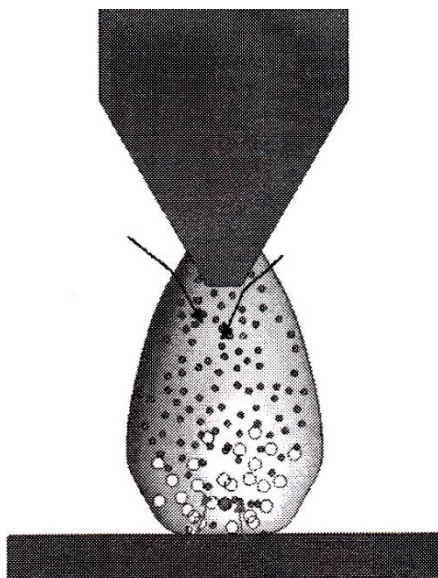


Рисунок 13 – Схема модели дуги горящей на участке среза импульса тока

Время на третьем участке изменяется в диапазоне $37 \leq t_3 \leq 57$ мкс, форма среза импульса показана на рисунке 14.

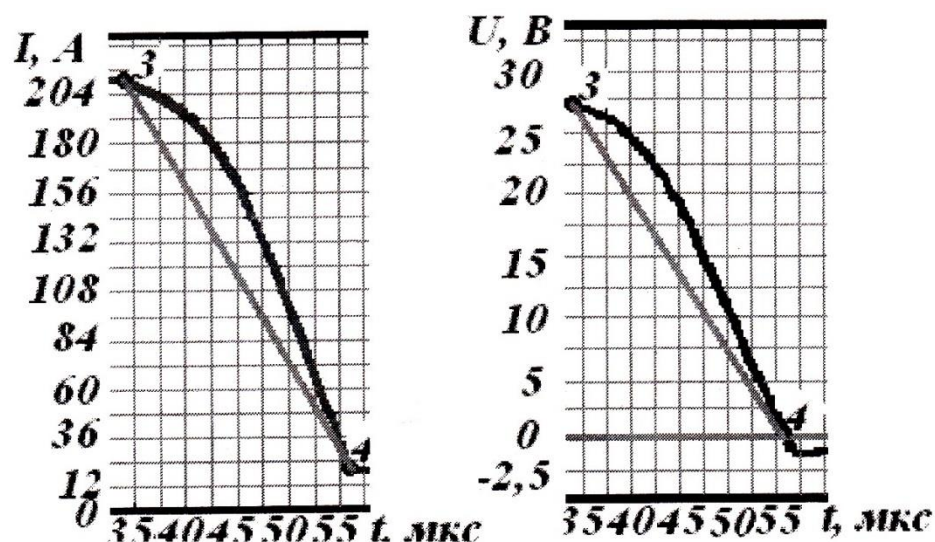


Рисунок 14 – Срез импульса тока и напряжения

В момент отключения импульса тока происходит снижение напряжения до отрицательного значения, что свидетельствует об остаточных явлениях в дуге. Снижение параметров импульса приводит к тому, что с электрода (катода) из – за его большого разогрева еще кратковременный период происходит эмиссия электронов с поверхности. В столбе количество носителей заряда не соответствует стационарному состоянию значения дежурной дуги. Таким образом, в дуговом промежутке в период отключения импульса и переходу к дежурной дуге образуется объемный пространственный заряд обладающей большой энергией, чем подводимая энергия от источника. Не смотря на снижение напряжения до величины близкой к нулю, проплавляющая способность дуги не уменьшается, а наоборот увеличивается из – за повышения концентрации носителей заряда.

Отрицательные значения тока и напряжения так же связаны и со схемным решением импульсной части оборудования. Наличие гистерезиса характеризует инерционность тока дуги, что обусловлено инерционностью процессов ионизации – деионизации и связано с инерционностью нагрева дугового газа током, определяющей его термическую ионизацию.

2.5 Вывод по главе

В данной главе были рассмотрены свойства дуги и процессы ее контрагирования. Рассмотрена модель дуги, горящая при малых токах, при больших токах, с плавящимся анодом и феноменологическую модель дуги, горящей в динамическом режиме. Используя полученные знания, дали описание модели дуги, горящей в динамическом режиме неплавящимся электродом в аргоне.

3. МОДЕЛЬ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ

Сварочная ванна при дуговой сварке неплавящимся электродом образуется в результате расплавления основного металла. Затвердевая, металл сварочной ванны, образует металл шва, поэтому форма шва по существу зависит от формы ванны. Умение управлять формой ванны позволяет получать требуемую форму шва.

3.1 Основные характеристики ванны. Силы, действующие на ванну

Образование сварочной ванны происходит в результате расплавления основного и присадочного (электродного) металла, если такой применяется [27]. Металл ванны, находящийся в жидком состоянии, кристаллизуется, образуя металл шва, таким образом, форма ванны обуславливает форму шва.

Залогом неразрушающего соединения является выполнение корневого слоя сварного соединения без дефектов и отвечающего всем требованиям предъявляемым руководящим документом. Особенно это важно при выполнении соединений, где металл шва, контактирует с агрессивной средой, способствующей разрушению. Для грамотного выполнения корневого слоя необходимо знать такие вещи как: процесс кристаллизации расплавленного металла сварочной ванны; силы, действующие на сварочную ванну; оптимальные параметры сварочной ванны; процесс распределения теплоты в изделии и многое другое.

Основными характеристиками ванны являются ее геометрические размеры (рисунок 15): глубина H ; ширина B ; длина L ; поверхность зеркала ванны F ; масса G или объем V . Эти характеристики зависят от теплофизических свойств материала изделия, основных параметров режима сварки и энергетических показателей системы (источник питания – сварочная дуга - изделие).

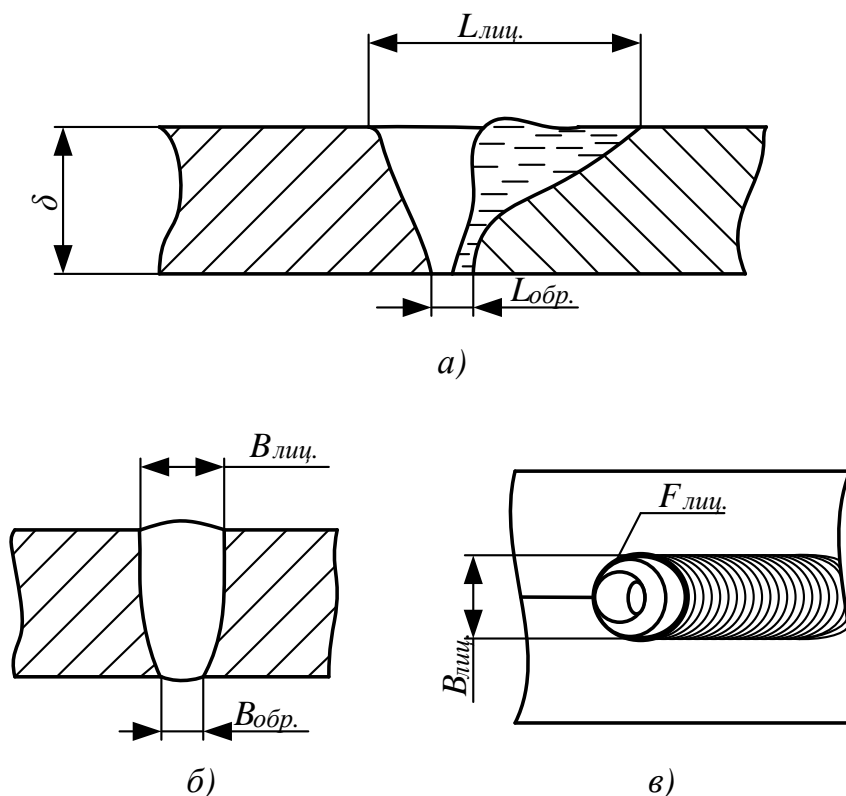


Рисунок 15 – Схема сварочной ванны при сварке со сквозным проплавлением: а и б – продольное и поперечное сечения; в – вид сверху.

При сварке с образованием сквозного отверстия глубина ванны - H может не учитываться, в связи с полным проплавлением металла изделия. Ширина и глубина ванны изменяется по длине непрерывно, поэтому различают головную – $L_{гол}$ и хвостовую – $L_{хвост}$ часть ванны. В головной части плавится основной металл, поперечное сечение увеличивается в направлении противоположном направлению движения дуги. В хвостовой части металл ванны кристаллизуется, поперечное сечение уменьшается.

Оценка объема геометрических размеров ванны при помощи математических формул является сложной задачей, решение которой получено для частных случаев с определенными ограничениями.

В процессе сварки форма и размеры сварочной ванны зависят не только от теплофизических свойств металла параметров режима, но и от внешних сил действующих как на поверхности ванны, так и внутри нее. Сварочная ванна [28] находится под действием статических сил, т.е. в статическом равновесии, Процесс

поддержания этого условия саморегулирующийся и зависит от толщины жидкой прослойки под дугой и объема самой ванны.

Силы (давления) в зависимости от принятой терминологии разделяют на поверхностные и объемные силы [29]. Поверхностные силы воздействуют на поверхности сварочной ванны, к ним относят: давление дуги; газокINETическое и электромагнитное давление; давление заряженных частиц и испаряющегося металла ванны; силы поверхностного натяжения. Объемные силы действуют непосредственно в сварочной ванне, к ним относят: электродинамические и гидродинамические силы в ванне; гравитационные силы; силы внутреннего трения в жидком металле. При сварке все перечисленные силы могут как помогать, так и отрицательно сказываться на формировании сварного шва в зависимости от того в каком пространственном положении идет сварка. В связи с этим согласно работе [29] силы в системе дуга – сварочная ванна – шов разделяют на три группы: силы воздействия источника энергии; силы в сварочной ванне; силы поверхностного натяжения на границе фаз.

3.2 Модели сварочных ванн

Анализ описанных в литературе моделей формирования сквозного шва позволяет разделить их по возрастанию сложности и адекватности процесса сварки. Все они имеют различную сложность, возможность и условия реализации. Чем сложнее применяемая модель, тем большее количество факторов она учитывает и тем ближе результаты моделирования к реальным значениям. Известные модели можно разделить на 5 групп:

- эмпирические и экспериментально-статические модели. Модели данной группы аппроксимируют результаты эксперимента и связывают основные геометрические размеры шва с режимами сварки. Экспериментально-статические модели строятся на основе многофакторного планирования экспериментов и представляют совокупность уравнений регрессии;

- модель баланса давлений основана на равновесии давлений действующих на жидкий металл сварочной ванны, располагающийся между твердыми кромками;

- модель баланса сосредоточенных сил. При использовании данной модели первоначально априорно задается форма межфазной поверхности, далее интегрированием по поверхности или объему находятся интегральные равнодействующие соответствующих силовых факторов, их главные векторы;

- плоские капиллярно-гидростатические модели. При построении модели делаются допущения: движение жидкого металла в сварочной ванне отсутствует, величина давления дуги и коэффициент поверхностного натяжения постоянны. Модель основана на решении двухмерного варианта основного уравнения теории капиллярности;

- объемная тепловая капиллярно-гидростатическая модель, позволяет выполнить объемное моделирование на основе решения трехмерного основного уравнения теории капиллярности, решаемого совместно с уравнением теплопроводности численными методами.

3.3. Вывод по главе

На основе известных моделей сварочных ванн составлена феноменологическая модель сварочной ванны со сквозным проплавлением.

Составлена методика определения параметров сварочной ванны со сквозным проплавлением.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ШВА ПРИ СВАРКЕ

Для исследования режимов сварки удовлетворяющих требованиям нормативной документации [49] проводили сварку и наплавку образцов.

Под действием дуги горячей в динамическом режиме происходит плавление металла изделия, образуя сварочную ванну. Кристаллизуясь, сварочная ванна образует металл

шва, т. Е. форма сварочного шва зависит от размеров формы сварочной ванны. Основными характеристиками сварочной ванны является ее геометрические параметры: L – длина, B – ширина, H – глубинна проплавления, F – площадь заполнения ванны. На рисунке 16 представлен внешний вид сварочной ванны с геометрическими параметрами.

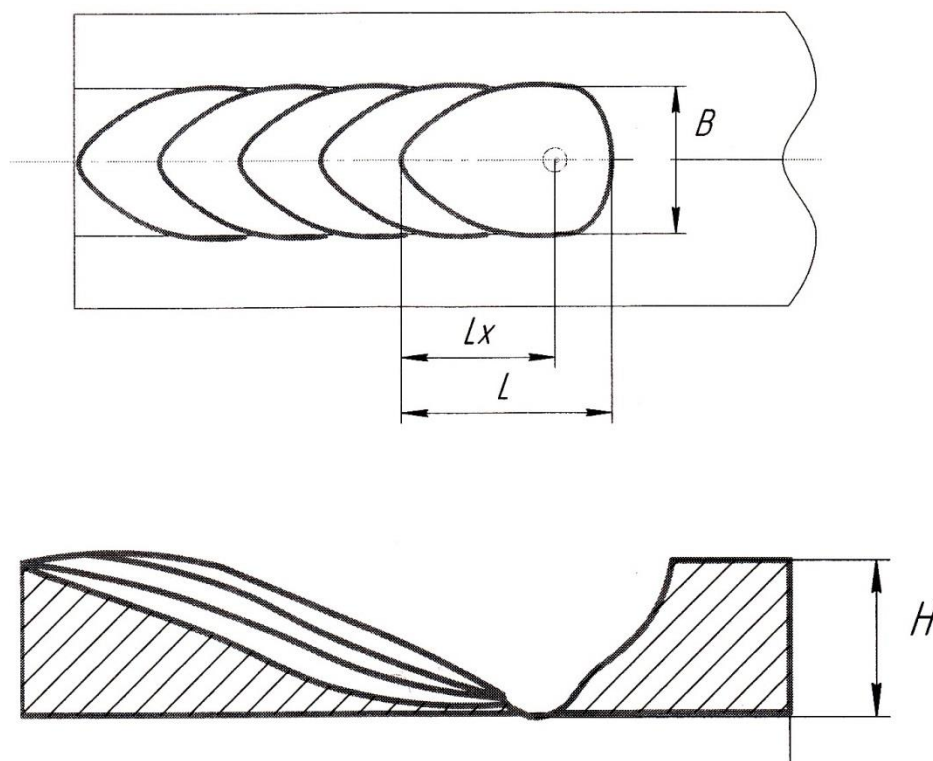


Рисунок 16 – Сварочная ванна

(L – длина, B – ширина, H – глубинна проплавления, Lx – длинна хвостовой части сварочной ванны)

Эти характеристики зависят от теплофизических свойств свариваемого металла, параметров режима сварки и энергетических свойств дуги. Размеры сварочной ванны могут быть определены при помощи поперечных и продольных макрошлифов. Однако использование шлифов не позволяет с точностью определить площадь поверхности и длину ванны, как полную, так и составные части. Литературные данные предлагают различные методики по определению геометрических характеристик сварочной ванны такие как метод опрокидывания, выдувания [50], удаление под действием собственного веса.

4.1 Методика проведения эксперимента

Для отработки оптимального режима сварки, дугой горячей в динамическом режиме, металлических пластин проводились лабораторные исследования.

Для питания дуги применяли специально разработанный источник питания кратковременных импульсов тока большого амплитудного значения. Сварку пластин производили на установке АДСВ – 5.

Экспериментальная установка, представленная на рисунке 17 содержит: сварочную горелку 4 (для аргодуговой сварки); разработанный источник питания, состоящий из трехфазного выпрямителя 1, батареи конденсаторов большой емкости 2 и импульсного устройства 3; электрод 5; изделие 6 в прижимном приспособлении, механизм перемещения горелки 9 с блоком управления 10; без индуктивный шунт 7 и подключенный осциллограф 8.

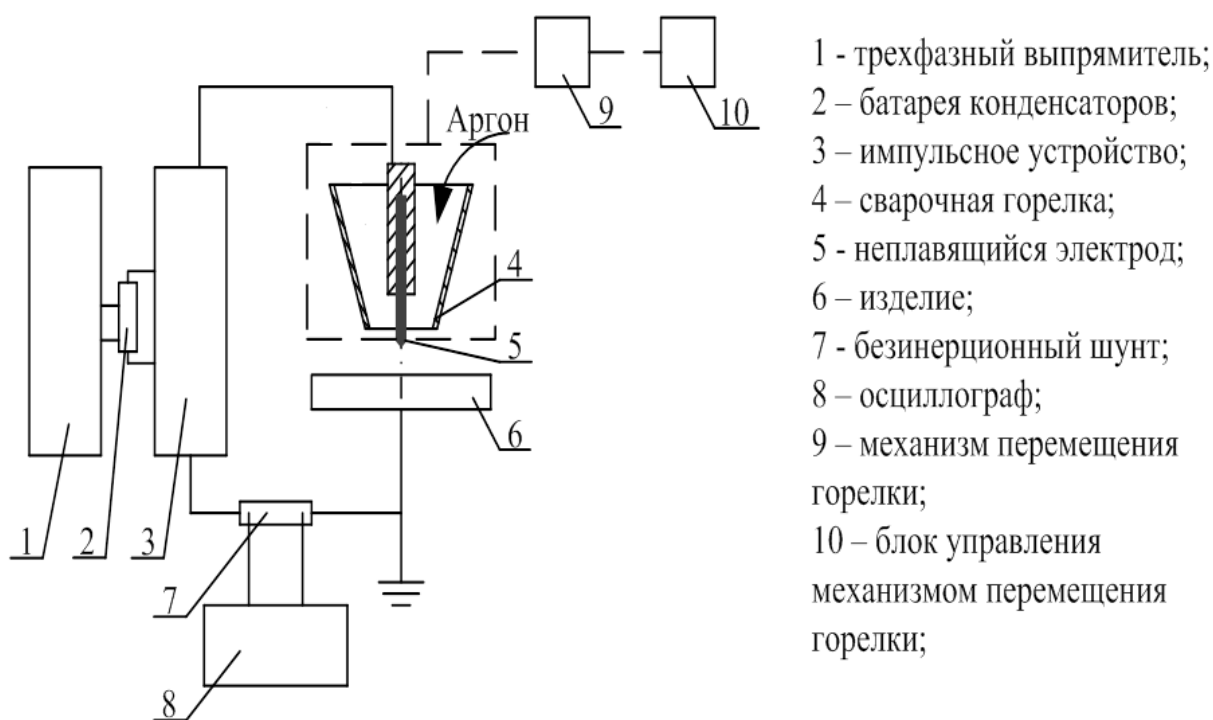


Рисунок 17 – Экспериментальная установка

Импульсное устройство позволяет получать кратковременные импульсы тока длительностью до 100 мкс, что обеспечивает динамический режим горения дуги. Частота следования импульсов регулируется в диапазоне от 700 Гц до 3300 Гц. Для

обеспечения непрерывности горения дуги при малой частоте следования импульсов, между импульсами протекает дежурный ток 12-18 А.

Сварка образцов производилась в среде аргона неплавящимся электродом со сферической рабочей поверхностью; диаметром 3 мм марки ЭВЛ с притуплением острого конца электрода. В течение 20 сек, после установления процесса сварки в динамическом режиме происходило, отключение питания сварочной дуги и одновременный выдув металла сварочной ванны. Обмер образцов производился с помощью экспериментального микроскопа и микрошлифов. Образец закреплялся в прижимном приспособлении. Схема сборки которого представлена на рисунке 18. Образцы без разделки собирались в слепой зазор.

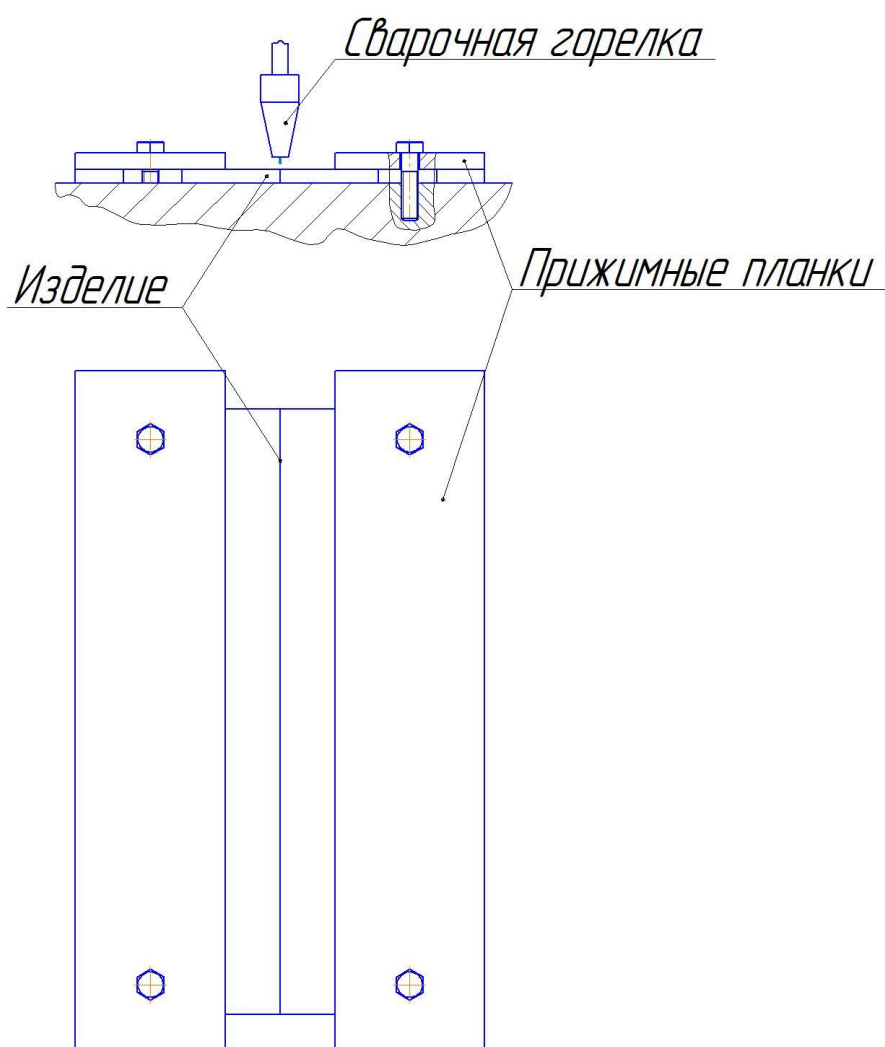
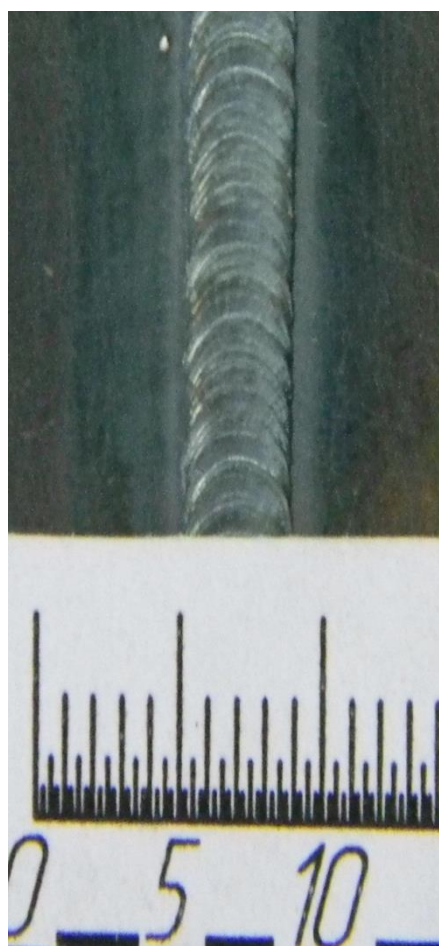


Рисунок 18 - Схема сборки в приспособление

Сварочная головка устанавливается вдоль стыка, зажигание дуги происходит контактным методом закорачиванием дугового промежутка при помощи угольного электрода. Питание дуги осуществляется от источника питания через коаксиальный кабель. Использование такого кабеля позволяет снизить потери энергии.

Экспериментальное подтверждение перевода стационарной дуги в динамический режим горения проводилось при сварке пластин в стык. Параметры режима сварки: $I_u = 300$ А; $I_{d.o} = 15$ А; $U_u = 24$ В; $U_{d.o} = 6$ В; $f = 2800$ Гц. Длительность импульсов составляет 65 мкс. Качество сварного шва оценивалось визуально по изменению внешнего вида. Внешний вид представлен на рисунке 19.



а – прямая сторона



б – обратная сторона

Рисунок 19 – Внешний вид сварного шва

Полученные образцы сварных швов имеют мелкочешуйчатую поверхность. Ширина шва с лицевой и обратной стороны одинаковая и составляет 3 мм, что

свидетельствует о концентрированном вводе тепла в изделие. Сплавление образцов происходит по всей длине без видимых дефектов. Малая протяженность ОШЗ позволяет улучшить механические свойства сварного шва и снизить напряжения.

4.2 Оценка стойкости вольфрамового электрода

Состояние рабочей поверхности вольфрамовых электродов существенно влияет на стабильность горения дуги. Она снижается при разрушении рабочей поверхности электродов и образовании вблизи нее «короны».

В ходе работы проводили оценку работоспособности вольфрамовых электродов, изменяя форму рабочей поверхности в условиях длительной работы. Для сравнения в аналогичных условиях сравнивали электроды, заточенные на конус и со сферической формой рабочей поверхности. Формы рабочих поверхностей представлены на рисунке 20.

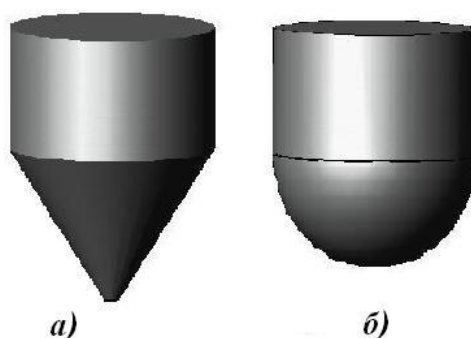


Рисунок 20 – Внешний вид электродов подвергавшихся испытанию: а) острозаточенный электрод с притуплением; б) электрод со сферической рабочей поверхностью.

Круглые электроды диаметром 3 мм затачивали на конус 30° и 90° при вершине. Притупление составляло 1 мм. Сферическую поверхность получали скруглением торцевых кромок радиусом 1,5мм. Все электроды изготовлены из торированного вольфрама. Рабочий конец электродов заточенных на конус с углом 30° после 1 – 2 мин работы оплавился с образованием «короны» размеры которой со временем увеличивались. Через 5 – 7 мин работы электрода под «короной» наблюдается

формирование сферы из оплавленного металла электрода, в дальнейшем его отрыв и разрушение торца электрода, сопровождаемое снижением стабильности горения дуги. Дальнейшее использование электрода приводило к разрушению рабочей поверхности, что вызывает необходимость восстановления.

Электроды, заточенные на конус с углом при вершине 90° , обеспечили работоспособность выше, чем описанные ранее. Ход разрушения аналогичен электродам с углом при вершине 30° . Период работы составляет 30 мин.

Круглые электроды со сферической рабочей поверхностью показали высокую стабильность горения дуги в течении всего времени работы. В период горения дуги наблюдалось незначительное эрозионное разрушение рабочей поверхности, в дальнейшем приведшее к образованию «короны» на расстоянии 3 мм от крайней точки рабочей части электрода. Наличие «короны» не оказывает влияния на стабильность горения дуги. Последующее использование электрода не изменило форму рабочей поверхности. В целом время работы электрода составило 2 часа.

Электроды со сферической поверхностью позволяют стабилизировать положение катодного пятна, что приводит к снижению перегрузки центральной части рабочей поверхности, по сравнению с острозаточенными электродами. На вылете электрода температура распределяется равномерно, это препятствует осаждению окислов и паров металла, вызывающих образование короны. Кроме того создается возможность оттеснения окислов и паров металла от электрода потоком защитного газа.

Изменение внешнего вида рабочей поверхности и качество сварного шва оценивалось визуально по изменению внешнего вида.

Использование динамического режима горения позволяет снизить требования к форме рабочей поверхности электрода. Проведенные исследования при использовании электродов со сферической рабочей поверхностью показали, что дуга горит симметрично оси электрода, при отсутствии блуждания дуги. Положение дуги соосно с осью электрода достигается за счет протекания через дуговой промежуток кратковременных импульсов сварочного тока большого амплитудного значения. Во время импульса тепловые процессы в электроде не успевают разогреть рабочую поверхность электрода до температуры соответствующей амплитудному значению

тока. В связи с этим катодное пятно не изменяет своих размеров и положения, что позволяет концентрированно вводить тепловую энергию в изделие. Аналогичный процесс происходит и при использовании остро заточенных электродов, в первые минуты работы до момента оплавления.

4.3 Вывод по главе

Способ сварки дугой горячей в динамическом режиме позволяет получать качественные сварные швы, с концентрированным вводом тепла, обеспечивающим равную ширину лицевой и обратной ширины шва.

Исследования показали, наиболее нагруженным элементом источника питания – сварочная дуга является вольфрамовый электрод с рекомендуемыми формами рабочей поверхности.

Установлено, что при сварке дугой горячей в динамическом режиме требования к геометрии электрода с точки зрения формирования шва менее критичны.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Тясто Артёму Андреевичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01-Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических

Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.

2.Нормы и нормативы расходования ресурсов

3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.

2.Планирование и формирование бюджета научных исследований

Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.

3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала:

- 1.Оценка конкурентоспособности технических решений
- 2.Матрица SWOT
- 3.Альтернативы проведения НИ
- 4.График проведения и бюджет НИ
- 5.Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Тясто А.А.		

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка системы питания для сварки в динамическом режиме» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне дугой, горящей в динамическом режиме Таблица 1 - Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Качество сварного шва	3	2	1
	Скорость сварки	2, 3	2	1
	Возможность сварки тонколистового металла	3	2	1, 2

- 1- Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горящей в динамическом режиме;
- 2- Аргонно-дуговая сварка;
- 3- Ручная дуговая сварка.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горящей в динамическом режиме, как видно из сегментирования, хороший способ сварки, который может получать качественные сварные соединения.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	3	0,5	0,2	0,3
2. Затраты сварочного материала	0,2	5	3	4	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	4	3	0,5	0,3	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1 цена	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,25
2 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,3
3 Конкурентно-способность работы	0,25	5	5	3	1,25	0,5	1
Итого	1	28	26	21	5	2,35	3,75

Где сокращения: Б_ф- Сварка неплавящимся электродом в аргоне дугой, горячей в динамическом режиме; Б_{к1} – Аргонно-дуговая сварка; Б_{к2}- Ручная дуговая сварка.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (9)$$

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Итогом данного анализа является то, что метод, предложенный в дипломе эффективнее, чем методы конкурентов.

5.1.3 SWOT – анализ

Таблица 3 - Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие данного процесса для повышения эффективности сварки неплавящимся электродом (отсутствие конкурентов на рынке). Широкая область применения Использование современного оборудования Актуальность проекта Наличие опытного руководителя Наличие патента на разработку Экономия электроэнергии 	<ul style="list-style-type: none"> Развитие новых технологий Перенастройка оборудования Отсутствие квалифицированного персонала.
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> Получение качественных сварных соединений Регулирование производительности Повышение стоимости конкурентных разработок Повышение эффективности сварки неплавящимся электродом Применения для оборудования работающего в полевых условиях. 	<ul style="list-style-type: none"> Появление новых технологий Государство не даст средства для реализации темы. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы. Зависимость, незначительная от поставщика

Таблица 4 – Мероприятия, которые необходимо провести сейчас.

	Ресурс, человек/час	Влияние (0-5)
Повышение квалификации персонала	200	4
Привлечение ВУЗов партнеров, для развития исследования	300-500	5

Улучшение технологии	500-700	5
----------------------	---------	---

Таблица 5 – Мероприятия, которые необходимо провести через год.

	Ресурс, человек/час	Влияние (0-5)
Уменьшение габаритов установки	400	3
Привлечение финансирования для развития технологии	500	4
Улучшение технологии	500-700	5

Таблица 6 – Мероприятия, которые необходимо провести через 5 лет.

	Ресурс, человек/час	Влияние (0-5)
Введение нашей установки на предприятие	200	5
Привлечение финансирования для развития технологии	500	4
Улучшение технологии	500	5

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 7 - Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Диаметр сварочной проволоки, мм	1	1	1
Б. Марка электрода	ЭВЛ-2 Ø 3-150-ТУ	ЭВЛ-2 Ø 4-150-ТУ	ЭВЧ Ø 3-200-ТУ
В. Плазмообразующий газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Г. Стабилизирующий			

газ	Ar (высший сорт)	Ar (Сорт 1)	-
Д. Защитный газ	Ar	CO ₂	Ar + CO ₂

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А1Б1В2Г2Д3 – В первом случае, сварка низкоуглеродистых сталей при малых затратах на материал.
- 2) А2Б2В2Г2Д3 – Во втором случае, низкоуглеродистых или низколегированных сталей при малых затратах материал.
- 3) А3Б3В1Г1Д1 - В третьем случае, сварка хромистых (нержавеющих) сталей аустенитного класса, с повышенными требованиями к материалу.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 8 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных	9	Анализ результатов	Научный руководитель,

результатов			студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (10)$$

где: $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (11)$$

где: T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (12)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (13)$$

где: $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 9).

После заполнения таблицы 8 строим календарный план-график (табл. 10).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 9 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}				
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			t_{oji} , чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.			1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.			1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель			1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент			10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.			3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент			2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент			7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.			2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент			3	3	3	4	4	4

Таблица 10- Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	★								
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		★◆							
3	Поиск и изучение материала	Студ.-рук.	2		◆							
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2			◆						
5	Календарное планирование	Руководитель	3			◆						
6	Изучение литературы по теме	Студент	15				★	★	★			
7	Подбор нормативных актов	Студ.-рук.	5					★◆				
8	Изучение установки	Студент	6						★			
9	Моделирование плазмотрона	Студент	3							★		
10	Изучение результатов	Студент	3								★	
11	Проведение расчетов по теме	Студент	10								★	
2	Анализ результатов	Студ.-рук.									★◆	
3	Вывод по цели	Студент										★

★ – студент; ◆ – руководитель.

5.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.3.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (14)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 11 - Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Св-ая пр-ка	кг.	0,5	0,5	0,5	80	80	80	63	63	63

Продолжение таблицы 11

ПГ,СГ,ЗГ	лит.	1	1	1	12	12	12	18	18	18
Итого								1978	1978	1978

5.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 12 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Источник питания	1	-	-	30	-	-	40	-	-
Итого:								40	-	-

5.3.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 13.

Таблица 13 - Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Изучение установки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Модернизация установки	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									69,7	74,2	75,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (15)$$

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = \kappa_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (16)$$

где: $\kappa_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

5.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = \kappa_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (17)$$

где: $\kappa_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 14 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	И	И	И	Ис	Ис	Ис
Руководитель	48	57	57	57	68	684
Студент-	31	27	28	38	32	337
Коэффициент отчислений	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					

Исполнение 3	25829,5 руб.

5.3.9 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (18)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 357807,5 \cdot 0,16 = 57249,2$ руб.

5.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 15 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	37353	36720,5	36636,5	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	207000	115000	138000	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	57249,2	43452,9	47324,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	415056,7	315033,8	343102,5	Сумма ст. 1- 6

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{415056,7}{415056,7} = 1; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{315033,8}{415056,7} = 0,76; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{343102,5}{415056,7} = 0,83.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (20)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 16).

Таблица 16 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3. ПГ,СГ,ЗГ	0,15	4	4	4
4. Модернизация установки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}, \quad (21)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{1} = 4,55; \quad I_{исп2} = \frac{3,15}{0,76} = 4,14; \quad I_{исп3} = \frac{3,8}{0,83} = 4,57.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (22)$$

Таблица 17 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,76	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,14	4,57
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,98

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Тясто Артёму Андреевичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01-Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Разработка процесса сварки дугой горячей в динамическом режиме. Данная разработка является методом повышения эффективности процесса сварки неплавящимся электродом.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	– Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Повышенная температура или влажность воздуха помещения; – Повышенный уровень вибрации; – Недостаточная освещённость рабочей зоны; – Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением. – Повышенная температура поверхностей оборудования.
2. Экологическая безопасность:	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является нахождение в рабочей зоне баллона под давлением.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	–Правовые нормы трудового законодательства; –Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Тясто А.А.		

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

6.1 Введение

Объект исследования является разработка процесса сварки дугой горячей в динамическом режиме. Данная разработка является методом повышения эффективности процесса сварки неплавящимся электродом в среде газа аргона.

В данном разделе была задача исследовать вредные и опасные факторы на человека и окружающую среду, разработать мероприятия по предотвращению данных факторов.

При эксплуатации данного способа сварки и предлагаемого процесса на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла, защитного газа и покрытия электродов при аргонодуговой сварке и т.п.;

- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; рабочая зона – пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места. Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем.

- излишняя яркость при сварке, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация;

- влияние шума (см. средства защиты от шума) и вибраций имеет место при работе различного оборудования (вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.);

- нервнопсихические перегрузки из-за напряженности труда в связи с полуавтоматическим способом сварки. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла,

движущиеся машины, механизмы, превышение нормы газа аргона в воздухе и т.д. Наличие расплавленного металла, находящиеся баллон под давлением увеличивает опасность возникновения пожара.

6.2 Производственная безопасность

Таблица 18 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки дугой, горящей в динамическом режиме.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка листовых заготовок; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, брызги расплавленного металла. 2. Электрический ток; 3. Находящиеся баллон под давлением.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14].

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы

температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 19.

Таблица 19– Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабоч местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Уровня шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением

тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-2014.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведение акустической обработки помещения;
- 3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

Освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк (СНиП 23-05-2010).

Различают естественное и искусственное освещение.

Естественное – обуславливают световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т.е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды.

Искусственное освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры. Основными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (K_p) должен быть не больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Электрический ток

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;
- запрещается при включении установки.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;
- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

Движущиеся часть установки для сварки неплавящимся электродом

Источником возникновения аварий, связанных с телесными повреждениями и материальным ущербом при работе с установкой, являются подвижная часть машины.

Аварии происходят, прежде всего, во время ручного устранения нарушений производственного процесса. Тем не менее, люди могут оказаться на пути движения машин и механизмов при выполнении других заданий, таких как:

- чистка,
- регулировка,
- переналадка вылета электродов,
- контроль,
- ремонт.

Наиболее распространенной, принимаемой в этой связи с целью повышения личной безопасности, является защита человека от опасных движений машины с помощью некоторых видов устройств безопасности, таких как защитные ограждения машин, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением. Внутренние движущиеся детали таких машин должны быть недоступны для прикосновения, а наружные движущиеся детали не должны иметь острых выступов, острые кромки должны быть притуплены.

Утечка аргона из баллона может способствовать наступлению смерти от удушья. Это может быть связано значительным снижением в воздухе объема кислорода в замкнутом пространстве. Если объем аргона в воздухе будет превышать 70% (P3), то человек может подвергнуться, так называемому, наркозу. В связи с тем, что этот газ тяжелее воздуха, это может привести к накоплению его в помещениях, которые трудно проветривать. Если требуется проводить работы в среде с аргоном, то в этом случае рекомендуется использовать противогазы и изолирующие приборы, проветривать помещение.

6.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

При выполнении работы образовывались следующие отходы: огарок вольфрамового электрода, которые в ходе их непригодности выкидывались в контейнер.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

При написании дипломного проекта была выявлена возможная ЧС, это пожар, аргон – вещество негорючее, но при нагревании происходит повышение давления, что может привести к взрыву.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности

людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. Проверять уровень нормы газа аргона в помещении, проветривать помещение.
4. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.
5. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или

ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

- Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты;
- Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м;
- Ширина проходов между установками должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м;

- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами;
- При установке однопостового источника питания у стены расстояние от стены до источника должно быть не менее 0,5 м;
- Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2.м;
- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека;
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.;
- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств;
- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты;
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4);
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности;

- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола;
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа процесса сварки неплавящимся электродом в аргоне и методов повышения его эффективности, как внутренних, так и внешних выявлено, что наиболее перспективным методом повышения эффективности является перевод горения сварочной дуги в динамический режим. Для реализации этого способа разработана феноменологическая модель сварочной дуги в динамическом режиме, а так же модель сварочной ванны. Технологические исследования показали устойчивость горения дуги, широкие регулировочные возможности и хорошее формирование шва с концентрированным вводом тепла. Показано, что при помощи дуги горячей в динамическом режиме можно формировать швы с заданными размерами. Результаты технологических исследований использованы на кафедре для разработки технических средств.

Анализ интегральных показателей эффективности показал, что реализация разработанной технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Так же рассмотрены вопросы социальной ответственности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славин Г.А., Столпнер Е.А., Некоторые особенности дуги питаемой кратковременными импульсами тока. // Сварочное производство.-1967г.-№2. - С. 3-5.
2. Кулишенко Б.А., Еремин Е.Н. Влияние углекислого газа на некоторые технологические свойства дуги при сварке неплавящимся электродом. // Сварочное производство. – 1978. - №2. – С. 38-39.
3. Бучинский В.Н. Стабильность горения дуги при сварке в смесях аргона с углекислым газом и кислородом. // Автоматическая сварка. – 1982. - №6. – С. 69.
4. Коротов А.Т., Плиско В.П. Полуавтоматическая сварка в смеси аргона и углекислого газа трубопроводов из стали 0X18H10T. // Автоматическая сварка. – 1969. - №3. – С. 69.
5. Новокрещеннов М.М., Виноградов В.А., Романенков Е.И., Рыбаков Ю.В., Гума В.В. Влияние азота на свойства столба сварочной дуги в аргоне. // Сварочное производство. – 1974. - №3. – С. 1-3.
6. Патон Б.Е., Замков В.Н., Прилуцкий В.П., Порицкий П.В. Контракция сварочной дуги флюсом при сварке вольфрамовым электродом в аргоне. // Автоматическая сварка. – 2000. - №1. – С. 3-9.
7. Савицкий М.М., Кушниренко Б.Н., Олейник О.И. Особенности сварки сталей вольфрамовым электродом с активирующими флюсами (ATIG-процесс). // Автоматическая сварка. – 1999. - №12. – С. 20-28.
8. Савицкий М.М., Мельничук Г.М., Карида В.Л., Дмитриев В.И. Применение активирующего флюса при сварке неповоротных стыков трубопроводов на монтаже атомных электростанций // Автоматическая сварка. – 1981. - №11. – С.71-72.
9. Ющенко К.А., Коваленко Д.В., Коваленко И.В. Применение активаторов при дуговой сварке вольфрамовым электродом в инертных газах сталей и сплавов. // Автоматическая сварка. – 2001. - №7. – С. 37-43.

10. Казаков Ю.В., Столбов В.И., Корягин К.Б., Бушев Ю.Г., Кудрявцев Ю.В., Плиско В.Н. Влияние активирующих флюсов на строение сварочной дуги, горящей в аргоне. // Сварочное производство. – 1985. - №4. – С. 30-32.
11. Бурдаков С.М., Чернов А.В., Полетаев Ю.В., Полежаев С.В. Физическая модель электрического дугового разряда с наложением высокочастотного напряжения. // Сварочное производство. – 2001. - №11. – С. 13-16.
12. Селянников В.Н., Блинков В.А., Казаков Ю.В., Баженов В.И. О формировании сварного шва в продольном магнитном поле при аргонодуговой сварке. // Сварочное производство. – 1975. - №11 – С. 5-7.
13. Болдырев А.М., Биржев В.А. Влияние продольного магнитного поля на проплавляющую способность сварочной дуги прямой полярности // Сварочное производство. – 1982. - №4. – С. 10-11.
14. Биржев В.А., Болдырев А.М. О влиянии продольного магнитного поля на сварочную дугу прямой полярности // Автоматическая сварка. – 1982. - №1. – С. 17-19.
15. Чернышев Г.Г., Григоренко В.В., Киселев О.Н. Математическая модель аргонодуговой сварки в квадрупольном магнитном поле // Сварочное производство. – 1989. - №8. – С. 31-33.
16. Бертинов А.И., Мизюрин С.Р., Сериков В.А., Геворкян Р.Л. Энергетика процесса заряда конденсатора от генератора переменного тока через выпрямитель. // Электричество. – 1967. - №8.- С. 54-61.
17. Бертинов А.И., Мизюрин С.Р., Ермилов М.А., Сериков В.А., Хомин В.Д. К расчету главных размеров синхронного генератора работающего на импульсную нагрузку. // Электричество. – 1968. – №12. – С. 29-34.
18. <http://www.amfilakond.ru/prim2.shtml> - Все о конденсаторах. Применение и эксплуатация.

19. Легостаев В.А., Пентегов И.В. Энергетические характеристики индуктивных накопителей для сварки. // Автоматическая сварка. – 1973. - №3. – С. 35-39.
20. http://www.radioradar.net/hand_book/documentation/ind_emk.html - Индуктивности и емкости.
21. Некрасов В.И., Гаврилов Г.Н. Некоторые особенности импульсного разряда аккумуляторной батареи. // Электричество. – 1968. - №12. – С. 82-83.
22. Дитрих Берндт Доклад на тему «Конструкторский уровень и технические границы применения герметичных батарей. Сравнение герметичных и герметизированных батарей». Эрланга. – 1993.
23. Сипайлов Г.А., Ивашин В.В., Лоос А.В. Генератор больших импульсных мощностей со ступенчатой или трапецеидальной формой тока. // Электричество. – 1967. - №5. – С. 71-75.
24. Зайцев А.И., Князьков А.Ф. О формировании импульсов тока. Доклады к 1-ой конференции по автоматизации производства. Томск. - 1969. – С. 97-104.
25. Пат. РФ 2294269, МПК В23К 9/09, Н03К 3/53. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Князьков А.Ф., Князьков С.А., Лолю Я.С., Проняев А.Б. – Заявл. 27.10.2005.
26. Ицкохи Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. – М.: Советское радио. 1972. – 592 с.
27. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. – М.: Машиностроение, 1973. -448 с.
28. *Елистратов А.П. Некоторые особенности формирования шва при сварке со сквозным проплавлением*
29. Полосков С.И., Ищенко Ю.С., Букаров В.А. Анализ факторов, определяющих формирование сварочной ванны при орбитальной сварке

неповоротных стыков труб (обзор) // Сварочное производство. – 2003. - №2. – С. 11 -19.

30. Рыкалин Н.Н., Бекетов А.И. Расчет термического цикла околошовной зоны по очертанию плоской сварочной ванны // Сварочное производство. – 1967. - №9. – С. 22-25.

31. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. – М.: Машиностроение, 1973. -448 с.